

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 63-281104

(43)Date of publication of application : 17.11.1988

(51)Int.Cl.

G02B 6/00  
G02B 6/28  
// G02B 6/12

(21)Application number : 62-117668

(71)Applicant : NIPPON TELEGR & TELEPH CORP  
<NTT>

(22)Date of filing : 14.05.1987

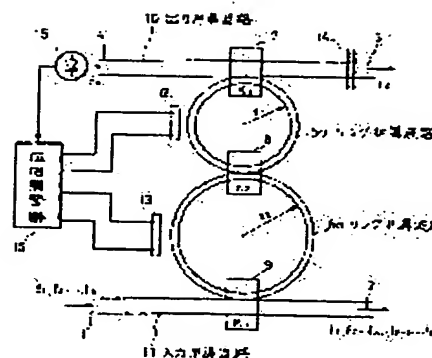
(72)Inventor : ODA KAZUHIRO  
TOBA HIROSHI  
NOSU KIYOSHI

## (54) OPTICAL RING FILTER

(57)Abstract:

**PURPOSE:** To couple and separate many light waves at a low loss without reducing the radius of a ring, by constituting the titled filter so that two pieces of ring-like waveguides have different radiuses, respectively.

**CONSTITUTION:** Two pieces of ring-like waveguides 5a, 6a have different radiuses  $r_1$ ,  $r_2$  respectively. Accordingly, only when these two ring-like waveguides have resonated simultaneously, the transmission factor becomes '1'. Therefore, by matching appropriately the resonance conditions of these two ring-like waveguides 5a, 6a, the radius of the ring-like waveguide for obtaining the same resonance frequency interval can be made larger than the case of a conventional double optical ring filter having the same radius. In such a way, the manufacturing technique is simplified, and also, due to a low loss, more light waves than usual can be multiplexed and demultiplexed.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

⑩ 日本国特許庁(JP)

⑪ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報(A)

昭63-281104

⑬ Int.Cl.<sup>4</sup>  
G 02 B 6/00 識別記号 306 庁内整理番号 7370-2H  
6/28 B-8106-2H  
// G 02 B 6/12 F-8507-2H 審査請求 未請求 発明の数 1 (全5頁)

⑭ 公開 昭和63年(1988)11月17日

⑮ 発明の名称 光リングフィルタ

⑯ 特 願 昭62-117668

⑰ 出 願 昭62(1987)5月14日

⑱ 発 明 者 織 田 一 弘 東京都武蔵野市緑町3丁目9番11号 日本電信電話株式会社通信網第一研究所内

⑲ 発 明 者 鳥 羽 弘 東京都武蔵野市緑町3丁目9番11号 日本電信電話株式会社通信網第一研究所内

⑳ 発 明 者 野 須 潔 東京都武蔵野市緑町3丁目9番11号 日本電信電話株式会社通信網第一研究所内

㉑ 出 願 人 日本電信電話株式会社 東京都千代田区内幸町1丁目1番6号

㉒ 代 理 人 弁理士 井出 直孝

## 明 細 書

### 1. 発明の名称

光リングフィルタ

### 2. 特許請求の範囲

(I) 入力用導波路と、

出力用導波路と、

上記二つの導波路間に形成され、上記二つの導波路より小なる導波管断面積および大なる屈折率差を有する2個のリング状導波路と、

上記入力用導波路、出力用導波路およびリング状導波路を相互に結ぶ方向性結合器と

を含み、同一誘電体基板上に形成された光リングフィルタにおいて、

上記2個のリング状導波路はそれぞれ異なる半径を有する

ことを特徴とする光リングフィルタ。

### 3. 発明の詳細な説明

(産業上の利用分野)

本発明は、光分光、光周波数分割多重伝送等において周波数間隔の狭い複数の光波を多重したり分離する光合波、分波器に関し、特にそれらに利用される光フィルタに関する。

(従来の技術)

第4図は従来の光リングフィルタの一例を示すブロック構成図で、本発明の発明者らの一部を含む発明者らによって提案されたものである。(特願昭60-242074号参照)。

第4図において1は多重光の入力用ポート、2は分波光以外の出力用ポート、3は分波光の出力用ポート、4は分波光の反射光出力ポート、5および6は同一半径 $r$ のリング状導波路、7は出力導波路10とリング状導波路5とを電界結合係数 $K_1$ で結合する方向性結合器、8はリング状導波路5とリング状導波路6とを電界結合係数 $K_2$ で結合する方向性結合器、9は入力用導波路11とリング状導波路6とを電界結合係数 $K_3$ で結合する

方向性結合器、12はリング状導波路5の一周の光路長を変化させる加熱用電極、13はリング状導波路6の一周の光路長を変化させる加熱用電極、14は分波光の反射光用出力ポート4に反射する回折格子、15は反射光の電力を測定する光検知器、16は光検知器15からの出力を受けて加熱用電極12および13の加熱電流を制御し、光リングフィルタの特性を安定化させる位相調整器である。

以上のような構成の光分波器を出力用ポート1に $f_1$ 、……、 $f_n$ の多重光を入力すると、リング状導波路5とリング状導波路6の共振条件を満たす光波 $f_n$ のみが出力用ポート3から出力され、残りの光波 $f_1$ 、……、 $f_{n-1}$ 、 $f_{n+1}$ 、……、 $f_m$ は出力用ポート2から出力される。ここで共振条件は次式で表される。

$$f = N \cdot \frac{C}{n_{eff} (2\pi r)} \quad \text{……(1)}$$

また、その共振周波数間隔は次式で表される。

$$\Delta f = \frac{C}{n_{eff} (2\pi r)} \quad \text{……(2)}$$

共振周波数間隔が40GHz以上の光リングフィルタが必要となるため、リング半径 $r$ は(2)式より、 $r = 0.818 \mu\text{m}$ 以上でなければならないことがわかる。例として導波路の断面形状が7 $\mu\text{m}$ の矩形でその比屈折率差 $\Delta = 0.8\%$ 程度の場合には、半径 $r = 0.818 \mu\text{m}$ 以下では波長1.5 $\mu\text{m}$ の光に対して曲がり伝搬損失が大きいため従来の光2重リングフィルタでは分波損失が大きかった。第5図に第4図の従来の光2重リングフィルタによる分波特性を示す。 $r = 0.818 \mu\text{m}$ 、 $K_1 = 0.35$ 、 $K_2 = 0.065$ および曲げ損失1dB/cmである。この場合の過剰損失は-7.3dBとなる。

本発明の目的は、上記の欠点を除去することにより、リング半径を小さくせずに多数の光波を低損失で結合または分離できる光リングフィルタを提供することにある。

〔問題点を解決するための手段〕

本発明は、入力用導波路と、出力用導波路と、上記二つの導波路間に形成され、上記二つの導波路より小なる導波路断面積および大なる屈折率差

ただし、 $f$ ：光周波数、 $N$ ：自然数、 $C$ ：光速、 $n_{eff}$ ：実効屈折率、 $r$ ：リング状導波路5および6のリング半径、 $\Delta f$ ：共振周波数間隔。

ゆえに、リング半径 $r$ は次式で表される。

$$r = \frac{C}{n_{eff} (2\pi) \Delta f} \quad \text{……(3)}$$

例として $\Delta f = 40\text{GHz}$ の光リングフィルタを構成しようとする、 $n_{eff} = 1.46$ 、 $r = 0.818 \mu\text{m}$ でなければならない。

〔発明が解決しようとする問題点〕

上述した同じリング半径を有する2重リング共振器構成の光リングフィルタは、比較的周波数間隔の広い光信号を低損失で、結合または分離できるけれども、共振周波数間隔が数10GHz以上の分波器を実現しようとする、リング半径 $r$ が極端に小さくなるため導波路の曲げ損失が大きくなり、合分波器を設計することが困難になる欠点があった。次にその一例を具体的に示す。

第3図は、5GHz間隔で並んだ8波の光信号の配置図である。この8波を分波するためには、共

を有する2個のリング状導波路と、上記入力用導波路、出力用導波路およびリング状導波路を相互に結合方向性結合器とを含み、同一誘電体基板上に形成された光リングフィルタにおいて、上記2個のリング状導波路はそれぞれ異なる半径を有することを特徴とする。

〔作用〕

2個のリング状導波路はそれぞれ異なる半径を有しているため、これら二つのリング状導波路が同時に共振したときのみ透過率が1となる。

従って、これら二つのリング状導波路の共振条件の整合を適切にとることにより、同一共振周波数間隔を得るリング状導波路の半径は、従来の同一半径を有する2重光リングフィルタの場合に対して大とすることができる。

〔実施例〕

以下、本発明の実施例について図面を参照して説明する。

第1図は本発明の一実施例を示すブロック構成図である。本実施例は、多重光の入力用ポート1

と分波光以外の出力用ポート2を有する入力用導波路11と、分波器の出力用ポート3と分波光の反射光用出力ポート4と分波光を反射光用出力ポート4に反射する回折格子14とを有する出力用導波路10と、半径 $r_1$ のリング状導波路5aと、半径 $r_2$ のリング状導波路6aと、出力用導波路10とリング状導波路5aとを電界結合係数 $K_1$ で結合する方向性結合器7と、リング状導波路5aとリング状導波路6aとを電界結合係数 $K_2$ で結合する方向性結合器8と、リング状導波路6aと入力用導波路11とを電界結合係数 $K_3$ で結合する方向性結合器9と、リング状導波路5aの一周の光路長を変化させる加熱用電極12と、リング状導波路6aの一周の光路長を変化させる加熱用電極13と、反射光の電力を測定する光検知器15と、この光検知器15で測定された反射光の電力に従って、加熱用電極12および13の加熱電流を制御して光リングフィルタの特性を安定化させる位相調整器16とを含んでいる。

本発明の特徴は、第1図において、半径 $r_1$ の

リング状導波路5aおよび半径 $r_2$ のリング状導波路6aを設けたことにある。

次に、第3図に示すように5GHz間隔に並んだ8波の光波を分波する場合を例にとって本実施例の動作について説明する。

入力用ポート1に入力された多重光信号 $f_1, f_2, f_3, \dots, f_N$ のうち、リング半径 $r_1$ および $r_2$ のリング状導波路5aおよび6aの共振周波数と一致する光信号 $f_x$ のみが出力用ポート3より出力され、残りの光信号 $f_1, f_2, \dots, f_{x-1}, f_{x+1}, \dots, f_N$ は出力用ポート2により出力される。このとき分布帰還形反射ミラーである回折格子14によって光信号 $f_x$ の一部が反射され反射光用出力ポート4に出力される。光検知器15でその光を受光し、位相調整器16により常に光信号 $f_x$ の戻り光が最大となるように加熱電極12および13に加熱電流を流し、フィルタリング特性が外部の擾乱により変化するのを補正している。

このような本実施例の異半径型の光2重リングフィルタでは、従来の同じ半径を有する構造の光

2重リングフィルタと異なり、半径 $r_1$ と半径 $r_2$ のリング状導波路が同時に共振したときのみ透過率が1となる特徴をもつため、比較的大きなリング半径 $r_1, r_2$ で広い共振周波数間隔が得られるという特徴を有する。

半径 $r_1$ のリング状導波路5aの共振周波数間隔 $\Delta f_1$ は、次式のように表される。

$$\Delta f_1 = \frac{C}{n_{eff}(2\pi r_1)} \quad \dots(4)$$

同様に半径 $r_2$ のリング状導波路6aの共振周波数間隔 $\Delta f_2$ は、次式のように表せる。

$$\Delta f_2 = \frac{C}{n_{eff}(2\pi r_2)} \quad \dots(5)$$

この異半径型光2重リングフィルタの共振条件は、

$$\begin{aligned} \Delta f &= N \cdot \frac{C}{n_{eff}(2\pi r_1)} \\ &= M \cdot \frac{C}{n_{eff}(2\pi r_2)} \quad \dots(6) \end{aligned}$$

で与えられる。(N, M: 任意の自然数)

例として  $r_1 = 5 \text{ mm}$ 、 $r_2 = 4 \text{ mm}$ 、 $N = 5$ 、 $M = 4$ 、 $n_{eff} = 1.48$ とすると、共振周波数間隔 $\Delta f$ は、

$$\Delta f = \frac{N \cdot C}{n_{eff}(2\pi r_1)} = 32.2 \text{ (GHz)}$$

である。

この異半径型光2重リングフィルタの共振特性は次式で与えられる。

入力用ポート1への入力電界を $E_{in}$ 、出力用ポート3からの出力電界を $E_{out}$ とすると、

$$\begin{aligned} \frac{E_{out}}{E_{in}} &= j K_1 K_2 \exp \{ j(\beta + j\alpha)\pi(r_1 + r_2) \} \\ &\quad \frac{1 - \sqrt{(1 - K_1^2)(1 - K_2^2)}}{\exp \{ j(\beta + j\alpha)2\pi r_1 \} - \sqrt{(1 - K_1^2)(1 - K_2^2)}} \\ &\quad \exp \{ j(\beta + j\alpha)2\pi r_2 \} \\ &\quad + (1 - K_1) \exp \{ -j(\beta + j\alpha)2\pi(r_1 + r_2) \} \quad \dots(7) \end{aligned}$$

である。

ここで $K_1$ は方向性結合器7および方向性結合

器9の電界結合係数であり、 $K_2$ は方向性結合器8の電界結合係数である。また $\beta$ は、光の伝搬定数であり、 $\alpha$ はリング状導波路での伝搬損失である。

第2図に本実施例により第3図に示した分波特性を得た場合の分波特性を示す。このときの $r_1 = 5.737 \text{ mm}$ 、 $r_2 = 6.556 \text{ mm}$ 、 $K_1 = 0.35$ 、 $K_2 = 0.078$ で、これ以外は第5図の従来例の場合と同じである。導波路の断面形状が、寸法 $7 \mu\text{m}$ の矩形断面でその屈折率差 $\Delta = 0.8\%$ 程度の場合には、曲げ半径 $5 \text{ mm}$ 以上では曲がり伝搬損失がほとんど無視できる値となる。そのため、第2図と第5図とを比較して明らかなように、分波損失が無視できるほど小さくなり、結果として曲げ半径 $r_1$ および $r_2$ の2重リングフィルタの共振周波数間隔は、図式より求めると、それぞれ約 $6 \text{ GHz}$ であるから、共振周波数間隔を約 $6 \text{ GHz}$ から $40 \text{ GHz}$ へと約 $6.6$ 倍に拡大したことがわかる。

(発明の効果)

以上説明したように、本発明には次のような効

果がある。

(i) 従来の光リングフィルタでは、分散損失の大きかった共振周波数間隔の大きい( $>10 \text{ GHz}$ )光合波、分波器を比較的曲げ半径の大きな(数 $\text{mm}$ 程度)リング状導波路で構成できるため製作技術も簡単になり、また低損失であるため従来よりも多くの光波の合分波が可能であること。

(ii) さらに、誘電体板上に光導波路による共振器が構成されているため、外部の機械的、熱的影響を受けにくく安定であること。

#### 4. 図面の簡単な説明

第1図は本発明の一実施例を示すブロック構成図。

第2図はその分波特性図。

第3図は分波する $5 \text{ GHz}$ 間隔に並んだ8波の光波の配置図。

第4図は従来例を示すブロック構成図。

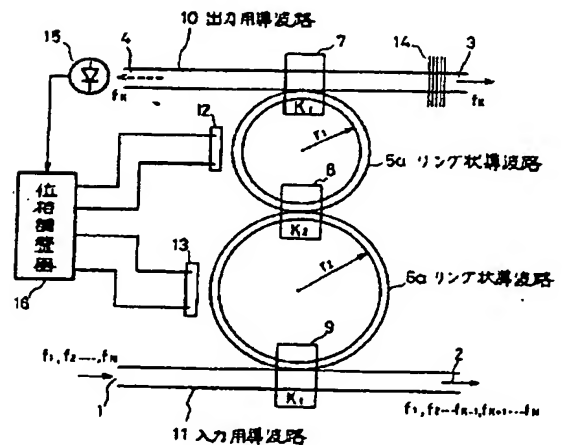
第5図はその分波特性図。

1…(多重光の)入力用ポート、2…(分波光

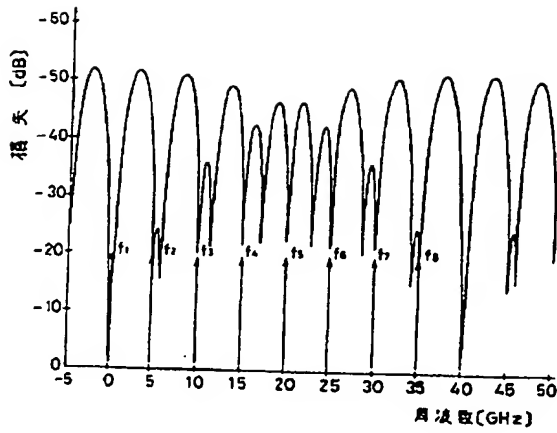
以外の)出力用ポート、3…(分波光の)出力用ポート、4…(分波光の)反射光出力ポート、5、5a、8a…リング状導波路、7、8、9…方向性結合器、10…出力用導波路、11…入力用導波路、12、13…加熱用電極、14…回折格子、15…光検知器、16…位相調整器。

特許出願人 日本電信電話株式会社  
代理人 弁理士 井出直孝

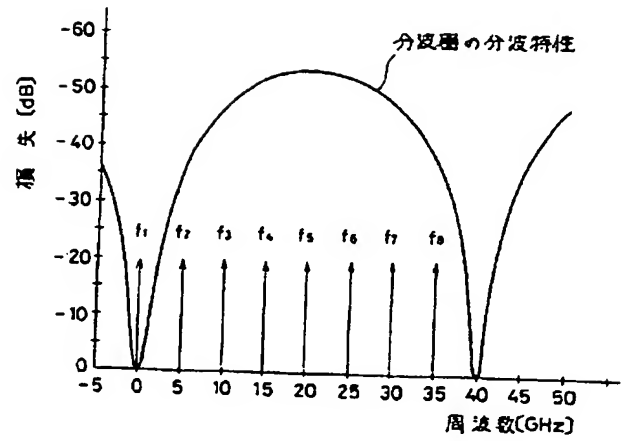
7,8,9: 方向性結合器



実施例の構成  
第1図

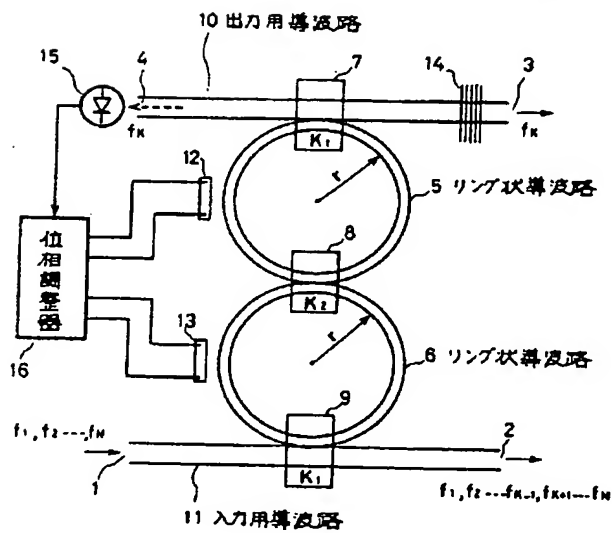


実施例の分波特性  
第2図

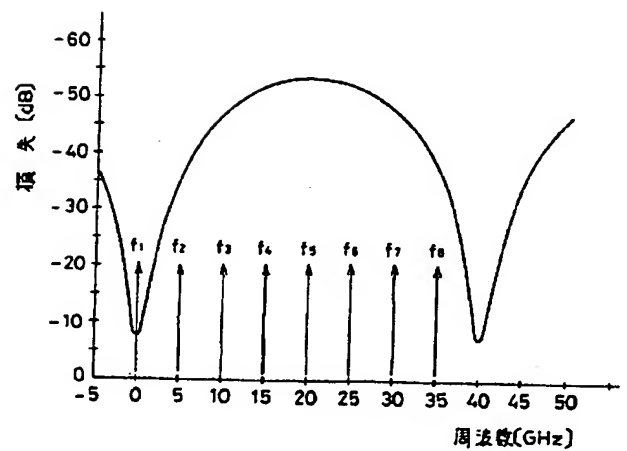


8波の光信号の配置図  
第3図

7, 8, 9: 方向性結合器



従来例の構成  
第4図



従来例の分波特性  
第5図

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

☒ BLACK BORDERS

☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES

☒ FADED TEXT OR DRAWING

☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING

☐ SKEWED/SLANTED IMAGES

☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS

☐ GRAY SCALE DOCUMENTS

☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT

☒ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY

☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**